T163959

สเปาท์เตดเบด เป็นเทคนิคที่ทำให้ของไหลสัมผัสกับอนุภาคของแข็งโดยตรงและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับกระบวนการต่างๆ หลายกระบวนการในอุตสาหกรรมอาหาร อย่างไรก็ตามสเปาท์เตดเบดแบบมาตรฐานมีข้อจำกัดต่างๆ มากมายจึงต้องมีการปรับปรุงและออกแบบใหม่เพื่อแก้ไขข้อจำกัดเหล่านั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบสเปาท์เตดเบดแบบเป็นจังหวะ พร้อมทั้งศึกษาคุณลักษณะการไหล ซึ่งได้แก่ แผนภูมิการไหล ความดันลดคร่อมเบด ความสูงของเบดสูงสุดที่สามารถเกิดสเปาท์ ความเร็วของอากาศต่ำสุดที่สามารถเกิดสเปาท์ และคุณลักษณะการอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบใหม่นี้ (โดยใช้เมล็ดถั่วเหลืองเป็นวัสดุทดสอบ) ตลอดจนสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายของคุณลักษณะต่างๆ ที่ทำการศึกษาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องอบแห้งเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่อไป

จากผลการศึกษาอิทธิพลของความถี่การปล่อยอากาศเข้าสู่เบด พบว่าเบดเกิดเป็นสเปาท์เตดเบดที่ความถี่ต่ำกว่า 1.0 Hz โดยที่ความถี่สูงกว่า 1.0 Hz เบดจะเริ่มเสียสภาพการเป็นสเปาท์เตดเบดและกลายเป็นการเคลื่อนที่แบบเป็นก้อน จากการศึกษาค่าความดันลดคร่อมเบดสูงสุด ความดันลดคร่อมเบดขณะที่เกิดสเปาท์และความเร็วต่ำสุดที่สามารถเกิดสเปาท์ของตัวอย่างต่างๆ ที่ความสูงเบดเท่ากับ 30 cm และ 45 cm โดยที่แต่ละความสูงของเบดใช้ค่าความถี่ของการปล่อยอากาศเข้าสู่เบด 3 ค่า ได้แก่ 0.2 Hz 0.4 Hz และ 0.6 Hz พบว่า ที่ความสูงของเบดเท่ากับ 45 cm ความดันลดคร่อมเบดสูงสุด ความดันลดคร่อมเบดขณะที่เกิดสเปาท์และความเร็วต่ำสุดที่สามารถเกิดสเปาท์มีค่ามากกว่ากรณีที่เบดมีความสูงเท่ากับ 30 cm ที่ความถี่เดียวกัน และเมื่อกำหนดให้ความสูงเบดมีค่าเท่ากัน พบว่าความดันลดคร่อมเบดสูงสุด ความดันลดคร่อมเบดขณะที่เกิดสเปาท์และความเร็วต่ำสุดที่สามารถเกิดสเปาท์มีค่ามากขึ้น

ตามการเพิ่มความถี่ของการปล่อยอากาศเข้าสู่เบด และจากการศึกษาผลของเลขอาร์คีมิดีสที่มีต่อคุณลักษณะการไหล พบว่าความดันลดคร่อมเบดสูงสุดไร้หน่วย ความดันลดคร่อมเบดขณะที่เกิดสเปาท์ไร้หน่วย และเลขเรย์โนลด์ต่ำสุดที่สามารถเกิดสเปาท์ของกรณีถั่วลิสงทั้งฝักมีค่าสูงสุด เนื่องจากถั่วลิสงทั้งฝักมีค่าเลขอาร์คีมิดีสมากที่สุด แต่สำหรับกรณีของถั่วแขกมีผลของความชื้นทำให้ความดันลดคร่อมเบดสูงสุดไร้หน่วย ความดันลดคร่อมเบดขณะที่เกิดสเปาท์ไร้หน่วยและเลขเรย์โนล์ดต่ำสุดที่สามารถเกิดสเปาท์มีค่าสูงกว่ากรณีของเมล็ดถั่วเหลืองแห้ง นอกจากนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นเพื่อใช้ทำนายคุณลักษณะการไหลของสเปาท์เตดเบดแบบเป็นจังหวะนี้ด้วย

สำหรับผลการศึกษาคุณลักษณะการอบแห้ง พบว่าความชื้นของตัวอย่างลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้นของการอบแห้งและอากาศร้อนที่เข้าสู่เบดที่อุณภูมิสูงทำให้ความชื้นของตัวอย่างลดลงเร็วกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ และจากผลการศึกษาความถี่ของการปล่อยอากาศร้อนเข้าสู่เบด พบว่า การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเหล่านี้ทำให้เวลาการอบแห้งเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์อย่างง่ายเพื่อทำนายพฤติกรรมการอบแห้งของสเปาท์เตดเบดแบบเป็นจังหวะอีกด้วย

Abstract

TE 163959

Spouted bed is a technique which allows a direct contact between fluid and solid particulate and can be applied to many processes in the food industry. However, a conventional spouted bed (CSB) suffers from many shortcomings, so it is necessary to improve the design of spouted bed in order to eliminate some of the limitations of CSB. The objectives of this research were thus to design and fabricate a pulsed spouted bed (PSB) and investigate its hydrodynamic characteristics viz. flow regime diagram, pressure drops across the bed, maximum spoutable bed height and minimum spouting velocity, as well as its drying characteristics using soybean as the test material. In addition, simple mathematical relationships have also been developed to predict the various characteristics of PSB studied in this work.

Based on the study of the effect of pulse frequency, it was found that the bed could spout at frequencies lower than 1.0 Hz; at frequencies higher than 1.0 Hz the bed lost its spouting pattern and became slugging. It was found also that the maximum bed pressure drop, steady spouting bed pressure drop and the minimum spouting velocity of the bed that had an initial bed height of 45 cm (at pulsed frequencies of 0.2 Hz, 0.4 Hz, and 0.6 Hz) were all higher than those of the bed that had an initial height of 30 cm at the same pulsed frequency. On the other hand, it was found that, at the same initial bed height, the maximum bed pressure drop, steady spouting bed pressure drop and the maximum spouting velocity increased with an increase of the pulsed frequency. Regarding the effect of the spouting material (in terms of the Archimedes number) it was found that the dimensionless maximum bed pressure drop, steady spouting bed pressure drop and the minimum

spouting Reynolds number of whole peanut were the highest since peanut has the largest value of the Archimedes number. One exception existed, however, in the case of French bean; the high moisture of French bean led to agglomeration of the bean and also to larger value of observed variables despite its lower value of Archimedes number. A simple mathematical model was also developed to predict the hydrodynamic characteristics of this pulsed spouted bed dryer.

Based on the study of the drying characteristics of the dryer, it was found that the moisture content of the sample decreased rapidly during an early stage of drying and higher air temperature led to a higher rate of drying. It was also found that the pulsed frequency and the initial bed height did not significantly affect the drying time of the test material (soybean). A simple mathematical model has also been developed to predict the drying behavior of the system.